复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能和血清指标的影响

陶　新　孙雨晴　门小明　邓　波　李永明　徐子伟*

（浙江省农业科学院畜牧兽医研究所，杭州 310021）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加复合植物（含石榴皮、艾叶、南五味子和吴茱萸）提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能和血清指标的影响。试验 1：选取 8 kg、30 日龄左右的断奶仔猪 160 头，随机分为 4 组，各组分别在基础饲粮中添加金霉素 107 mg/kg＋黄霉素 40 mg/kg（对照）及 0.05％、0.10%和 0.20%的复合植物提取物，每组 4 个重复，每个重复 10 头仔猪，试验期 28 d。试验 2：选取 11 kg、40 日龄左右的断奶仔猪 120 头，随机分为 3 组，无抗组采用基础饲粮，另外 2 组分别在基础饲粮中添加金霉素 67 mg/kg＋黄霉素 20 mg/kg（抗生素组）和 0.10%的复合植物提取物组，试验期 35 d。试验 1 结果显示：与对照组相比，各复合植物提取物组仔猪平均日增重（ADG）、平均日采食量(ADFI)和料重比（F/G）均无显著变化（P>0.05），且 0.10%的添加量具有较好的 ADG，比对照组提高 2.44％。试验 2 结果显示：与无抗组相比，0.10%的复合植物提取物可使仔猪 ADG 显著提高 21.39％（P<0.05），使血清中白蛋白（ALB）、胆固醇（CHOL）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）和一氧化氮(NO)含量均显著降低（P<0.05），谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活力显著升高（P<0.05），铜蓝蛋白（CER）活力显著降低（P<0.05）；与抗生素组相比，0.10%的复合植物提取物可使仔猪 ADG 显著提高 15.07％（P<0.05），使血清中尿素氮（UN）、LDL-C 和 NO 含量均显著降低（P<0.05）。综上所述，0.10%的复合植物提取物可替代饲用抗生素（金霉素＋黄霉素），提高仔猪的生长性能，具有抗应激和抗氧化功能。

关键词：复合植物提取物；断奶仔猪；抗生素；生长性能；血清指标

中图分类号：S816.7；S828

抗生素长期使用和滥用导致的药物残留和耐药性问题直接关系到人类的生存和健康。据统计，我国每年抗生素总使用量为 15 万~20 万 t，约占世界总使用量的 50%，其中畜禽养殖使用量又占我国总使用量的 52％[1]。另据报道，全球每年每千克猪、鸡和牛所使用抗生素的平均剂量分别为 172、148 和 45 mg/kg[2]。可见，与其他畜禽相比，养猪生产中使用抗生素

收稿日期：2017-06-22
基金项目：国家现代农业产业技术体系（CARS-36）；浙江省农业（畜禽）新品种选育重大科技专项（2016C02054）
作者简介：陶　新（1976－），女，山东东阿人，副研究员，博士研究生，从事生猪健康养殖研究。E-mail: xindragon@126.com
*通信作者：徐子伟，研究员，博士生导师，E-mail: xzwfyz@sina.com

量较多，且我国又是世界第 1 养猪大国，因此我国养殖业中绝大部分的抗生素被用于养猪生产。特别是刚断奶仔猪免疫力低下，容易感染疾病，使用抗生素量最大。因此，解决断奶仔猪的无抗饲养，不仅关系到整个养猪业的持续、健康发展，而且与人类的健康息息相关。

植物提取物因富含多种生物活性成份且具备天然、绿色、无耐药性及药物残留等特点成为最具前景的抗生素替代物之一。浙江省农业科学院研制出的复合植物提取物饲料添加剂产品是由石榴皮、南五味子、吴茱萸和艾叶组方而成，在小鼠上具有显著促生长、增强机体免疫力和抗腹泻效果[3]。本试验通过进一步研究复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能和血液指标的影响，为其在养猪生产上的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

将石榴皮、艾叶、南五味子和吴茱萸（均购自浙江省中医药大学药房）研磨粉碎过 200 目筛，石榴皮、艾叶、南五味子和吴茱萸按 1:3:9:9 混合后，在料水比 1：20、80 ℃条件下密闭提取 6 h，然后浓缩并喷雾干燥成粉末状。

1.2 试验设计与试验饲粮

试验 1：选取 160 头 8 kg、30 日龄左右的健康断奶“长×大”仔猪，随机分为 4 组，每组 4 个重复，每重复 10 头仔猪。对照组在基础饲粮中添加金霉素 107 mg/kg＋黄霉素 40 mg/kg，其余各组分别在基础饲粮中添加 0.05％、0.10％和 0.20％的复合植物提取物。试验仔猪自由采食和饮水，试验期 28 d。基础饲粮参考美国 NRC（2012）11~25 kg 生长猪营养需要配制，其组成及营养水平见表 1。

试验 2：选取 120 头 11 kg、40 日龄左右的健康断奶“长×大”仔猪，随机分为 3 组，每组 4 个重复，每重复 10 头仔猪。无抗组饲喂基础饲粮，抗生素组在基础饲粮中添加金霉素 67 mg/kg＋黄霉素 20 mg/kg，复合植物提取物组在基础饲粮中添加 0.10％的复合植物提取物。自由采食和饮水，试验期 35 d。基础饲粮同试验 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	51.95
豆粕 Soybean meal	12.00

膨化大豆 Puffing soybean	10.00
麦麸 Wheat bran	10.00
鱼粉 Fish meal	4.00
发酵豆粕 Fermented soybean meal	3.00
血浆蛋白粉 Plasma protein meal	2.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.20
石粉 Limestone	4.00
食盐 NaCl	0.35
预混料 Premix[1)]	1.50
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
粗蛋白质 CP	19.61
消化能 DE/(MJ/kg)	14.23
赖氨酸 Lys	1.25
苏氨酸 Thr	0.75
色氨酸 Trp	0.25
蛋氨酸 Met	0.75
钙 Ca	0.74
总磷 Total P	0.66

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kilogram of the diet:VA 3 950 IU,VD_3 595 IU,VE 23 IU,VB_2 5.50 mg,VB_{12} 0.03 mg,生物素 biotin 0.15 mg，烟酸 nicotinic acid 30 mg，叶酸 folacin 1 mg，氯化胆碱 choline choride 600 mg，VK_3 1 mg，泛酸 pantothenic acid 15 mg，硫胺素 thiamin 1.5 mg，VB_6 8 mg，Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 200 mg，Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 110 mg，Zn ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 120 mg，Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$), 40 mg，Se ($NaSe_2O_3$), 0.3 mg，I (IO_3) 1mg。

[2)]营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

试验在浙江省农业科学院海宁科技牧场实验基地进行。所有试验仔猪均在封闭式猪舍内饲养，自动料槽，通风良好，舍温保持在 20~25 ℃。试验仔猪均以栏为单位饲养，每天饲喂 2 次（09：00 和 16：00），乳头式饮水器自由饮水。每日清粪 2 次，保持舍内清洁，每周

猪舍消毒 2 次。

1.4 样品采集及指标测定

试验 1 和试验 2，均于正式开始的第 1 天和结束当天上午对所有试验仔猪进行空腹称重，记录每栏仔猪的采食量，计算平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。

试验 2 于结束当天每组随机选取 6 头仔猪，采用 5 mL 一次性注射器通过前腔静脉采集血液置于离心管中，分离血清，测定血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、葡萄糖（GLU）、胆固醇（CHOL）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、丙二醛（MDA）和一氧化氮（NO）含量，总抗氧化能力（T-AOC）以及铜蓝蛋白（CER）、碱性磷酸酶（AKP）、超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（$GSH\text{-}P_X$）和过氧化氢酶（CAT）的活力。以上指标均采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒测定，严格按照试剂盒说明操作。

1.5 数据统计分析

所有数据用 Excel 2010 进行初步整理，并采用 SPSS 17.0 统计软件 ANOVA 程序进行方差分析，所有检测结果均以“平均值±标准差”表示，$P<0.05$ 时表示差异显著。

2 结　果

2.1 复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能的影响

试验 1 的饲养试验结果（表 2）表明,与对照组相比，在饲粮中分别添加 0.05％、0.10％和 0.20％的复合植物提取物完全替代饲用抗生素对试验仔猪的 ADG、ADFI 和 F/G 均无显著影响（$P>0.05$），且 0.10％的添加量具有提高 ADG 的趋势，比对照组提高 2.44％；对照组及 0.05％、0.10％和 0.20％复合植物提取物组的仔猪死淘率分别为 12.25％、6.25％、3.13％和 6.25％(未统计分析，表中未列)。

表 2　复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能的影响（试验 1）

Table 2　Effects of CPE replacing feed antibiotics on growth performance of weaned piglets （experiment 1）

项目 Items	组别 Groups			
	对照 Control	0.05％复合植物提取物 0.05% CPE	0.10％复合植物提取物 0.10% CPE	0.20％复合植物提取物 0.20% CPE
初始重 Initial weight/kg	8.63±0.03	8.63±0.05	8.62±0.01	8.64±0.03
结束重 Final weight/kg	17.35±0.40	16.49±0.49	17.55±0.74	16.52±0.52

平均日增重 ADG/g	311.29±15.27	280.76±15.87	318.88±26.87	281.37±17.38
平均日采食量 ADFI/g	557.7±94.7	536.8±51.1	607.9±45.27	548.51±50.6
料重比 F/G	1.80±0.39	1.91±0.07	1.92±0.30	1.95±0.06

同行数据肩标不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

试验 2 饲养试验期间，试验仔猪健康状况良好，未出现死亡或生病淘汰现象。试验结果（表 3）表明，与无抗组相比，抗生素组仔猪 ADG、ADFI 和 F/G 均无显著变化（$P>0.05$），复合植物提取物组可使仔猪 ADG 显著提高 21.39%（$P<0.05$），ADFI 和 F/G 均无显著变化（$P>0.05$）；与抗生素组相比，复合植物提取物组仔猪 ADG 显著提高 15.07%（$P<0.05$），ADFI 和 F/G 均无显著变化（$P>0.05$）。

表 3　复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪生长性能的影响（试验 2）

Table 3　Effects of CPE replacing feed antibiotics on growth performance of weaned piglets（experiment 2）

项目 Items	组别 Groups		
	无抗 Antibiotic-free	抗生素 Antibiotics	复合植物提取物 CPE
初始重 Initial weight/kg	11.47±0.21	11.61±0.07	11.31±0.27
结束重 Final weight/kg	23.42±1.49[a]	24.21±0.74[a]	25.81±0.86[b]
平均日增重 ADG/g	341.40±46.43[a]	360.14±21.38[a]	414.43±22.21[b]
平均日采食量 ADFI/g	752.75±36.07	752.86±29.38	776.86±16.06
料重比 F/G	2.243±0.380	2.095±0.110	1.878±0.082

2.2 复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪血清指标的影响

2.2.1 血清生化指标

由表 4 可见，各组间的 TP 和 GLU 含量均差异不显著（$P>0.05$）。与无抗组相比，抗生素组和复合植物提取物组的血清 ALB 含量均显著升高（$P<0.05$），血清 CHOL 含量均显著降低（$P<0.05$）；与抗生素组相比，复合植物提取物组显著降低了血清 UN 含量（$P<0.05$）；与无抗组和抗生素组相比，复合植物提取物组还显著降低了血清 LDL-C 含量（$P<0.05$）。

表 4　复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 4 Effects of CPE replacing feed antibiotics on serum biochemical indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups		
	无抗 Antibiotic-free	抗生素 Antibiotics	复合植物提取物 CPE
总蛋白 TP/（mg/mL）	63.95±7.04	64.55±7.06	58.63±3.53
白蛋白 ALB/（mg/mL）	28.55±3.79[a]	34.80±3.15[b]	32.50±1.12[b]
尿素氮 UN/(mmol/L)	5.81±0.53[ab]	6.14±0.53[a]	5.06±0.71[b]
葡萄糖 GLU/(μmol/L)	5.00±0.67	4.98±0.38	5.07±0.37
胆固醇 CHOL/(mmol/L)	2.53±0.15[a]	2.06±0.10[b]	2.19±0.08[b]
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	0.30±0.08[a]	0.31±0.10[a]	0.18±0.05[b]

2.2.2 血清抗氧化指标

由表 5 可见，各组间的血清 SOD、CAT 活力，T-AOC 及 MDA 含量均差异不显著（P>0.05）。与无抗组相比，抗生素组和复合植物提取物组的 GSH-Px 活力均显著升高（P<0.05）；抗生素组和复合植物提取物组间的 GSH-Px 活力差异不显著（P>0.05）。

表 5 复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of CPE replacing feed antibiotics on serum antioxidant indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups		
	无抗 Antibiotic-free	抗生素 Antibiotics	复合植物提取物 CPE
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	50.36±7.02	56.78±2.91	58.83±2.89
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	2.94±0.75	2.64±0.36	2.73±0.95
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	154.92±2.34[a]	194.75±13.70[b]	185.41±15.29[b]
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	3.97±0.56	4.94±0.07	5.39±1.38
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	0.92±0.21	1.11±0.25	1.11±0.25

2.2.3 血清抗应激指标影响

由表 6 可见，各组间的血清 AKP 活力均差异不显著（P>0.05）；与无抗组相比，抗生素组和复合植物提取物组的血清 CER 活力和 NO 含量均显著降低（P<0.05）；与抗生素组相比，

复合植物提取物组的血清 CER 活力无显著差异（$P>0.05$），血清 NO 含量显著降低（$P<0.05$）。

表 6 复合植物提取物替代饲用抗生素对断奶仔猪血清抗应激指标的影响

Table 6 Effects of CPE replacing feed antibiotics on serum anti-stress indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups		
	无抗 Antibiotic-free	抗生素 Antibiotics	复合植物提取物 CPE
碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)	17.47±2.23	15.97±7.41	15.18±5.10
铜蓝蛋白 CER/(U/L)	127.27±2.98[a]	93.74±2.06[b]	96.40±9.38[b]
一氧化氮 NO/(μmol/L)	154.55±17.75[a]	121.88±16.19[b]	92.33±18.02[c]

3 讨 论

本研究中，试验 1 的断奶仔猪在试验过程中出现了较高死淘率，而试验 2 却未出现仔猪死亡或生病淘汰现象。一方面，这是由于试验 1 选取的仔猪初始重比试验 2 的仔猪低 2~3 kg，而且试验 1 的仔猪为刚断奶仔猪，试验 2 为断奶后 2 周的仔猪，故试验 1 的仔猪抵抗力较差且处于断奶应激状态；另一方面，为了确保试验结果的客观性，整个试验过程中生病仔猪均未使用任何药物进行干预、治疗。故导致试验 1 的仔猪出现了较高的死淘率。

植物提取物具有独特的作用模式，被称为抗生素的“耐药逆转剂”[4]，生物学功能主要包括促生长、免疫调节、抗氧化、抗炎、抗菌、抗病毒和抗寄生虫等[5-11]。目前植物提取物在仔猪上的应用效果已初步显现，如博落回、银杏叶、甘草、止痢草、刺五加和连翘等提取物均被发现具有缓解仔猪断奶应激、改善健康和促生长等作用[12-16]，但有关复合植物提取物，特别是在替代仔猪饲用抗生素上的应用研究鲜有报道。

本研究发现在断奶仔猪饲料中添加 0.10%的复合植物提取物可完全替代“金霉素＋黄霉素”的饲用抗生素组合，甚至在金霉素和黄霉素的添加量超过农业部 168 公告《饲料药物添加剂使用规范》限定剂量的 60%的条件下，仍可达到与抗生素相当的结果，并可降低死淘率。试验 2 的结果表明，与无抗组相比，0.10%的复合植物提取物还可使 F/G 提高幅度高达 16.27%，但差异不显著，这可能是由于各组中不同重复之间的 ADFI 和 ADG 差异较大造成的。迄今为止，国内外尚未见有关石榴皮、艾叶、南五味子和吴茱萸等 4 种植物复合提取的研究报道，也未见石榴皮、艾叶、吴茱萸和五味子等单种提取物在仔猪上替代饲用抗生素的应用研究，仅有额外添加五味子提取物在仔猪上应用的零星报道[17]。但在小鼠上的试验结果表明，4 种植物的复合提取物应用效果均优于单种植物提取物[3]，推测可能是植物原料间经过复合提取发挥了组合效应。由于植物种类繁杂、提取方法及所用试剂的不同等，植物提取物的有效活性成分及含量均差别较大。但植物提取物中普遍富含多糖、多酚、黄酮等活性

成分，在体内可通过改善消化道微生态结构、增强机体免疫功能和发挥抗氧化等作用，起到防治疾病和促生长效果[18]。同时本研究结果发现，金霉素和黄霉素的添加量较低时未能起到显著促生长效果。现有研究也表明，低剂量的抗生素反而促进细菌增殖，加重机体感染，对疾病无显著预防效果[19]。这可能也是导致目前饲用抗生素滥用的一个主要因素。

ALB 是血清中含量最多的蛋白质，占 TP 的 40%~60%，具有重要的生理功能，与机体的健康密切相关。本试验中，复合植物提取物和抗生素均可提高断奶仔猪血清中 ALB 含量，表明可在一定程度上改善仔猪的健康状况。血清 UN 含量可间接反映机体蛋白质代谢与氨基酸间的平衡，当体内氨基酸沉积率增加时，血清 UN 含量降低[20]。本试验中复合植物提取物可降低血清 UN 和 CHOL 的含量，尤其是可特异性降低血清 LDL-C 的含量，表明具有促进机体蛋白质和脂肪合成的作用。与本研究结果相似，Fu 等[21]研究发现，石榴皮中的多酚具有提高小鼠血清和肝脏蛋白质沉积的作用。

植物提取物的抗氧化作用研究较多，特别是植物精油、甾醇和黄酮等有机溶剂的提取成分，它们一方面可通过提高抗氧化酶的分泌和活性来增强机体抗氧化功能；另一方面可以通过降低机体脂质氧化物质如 MDA 的含量防止脂质过氧化损伤[22-24]。本试验中所用复合植物提取物为水提活性成分，可提高血清中 GSH-Px 活力，推测可能是由于复合植物提取物中的多酚和多糖等活性成分均具有较强抗氧化作用[21，25-26]，提高了血清抗氧化能力，但具体活性成分尚待检测验证。

CER 是一种急性期蛋白质，在动物遭受应激过程中升高，血清 CER 有催化合成 NO 的作用[27]。本试验中添加复合植物提取物不仅降低了断奶仔猪血清中 CER 的活力还降低了血清 NO 的含量，提示复合植物提取物具有显著抗应激的作用。这可能是与复合植物提取物具有特异性调节动物体温、调整中枢神经功能、抗惊厥、适应原样作用及激素样作用等功能相关[28]。

4 结　论

0.10%的复合植物（含石榴皮、艾叶、南五味子和吴茱萸）提取物可通过发挥抗应激和抗氧化等功能，改善断奶仔猪的健康状况、提高其生长性能，可替代金霉素 67mg/kg＋黄霉素 20 mg/kg 这一组合剂量的饲用抗生素。

参考文献：

[1] ZHANG Q Q,YING G G,PAN C G,et al.Comprehensive evaluation of antibiotics emission and fate in the river basins of china:source analysis,multimedia modeling,and linkage to bacterial resistance[J].Environmental Science & Technology,2015,49(11):6772–6782.

[2] VAN BOECKEL T P,BROWER C,GILBERT M,et al.Global trends in antimicrobial use in

food animals[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2015,112(18):5649–5654.

[3] 孙雨晴.复合植物提取物的组方、安全性评价及其在小鼠上的应用研究[D].硕士学位论文.金华:浙江师范大学,2012.

[4] ABREU A C,MCBAIN A J,SIMOES M.Plants as sources of new antimicrobials and resistance-modifying agents[J].Natural Product Reports,2012,29(9):1007–1021.

[5] BRAVO D,PIRGOZLIEV V,ROSE S P.A mixture of carvacrol,cinnamaldehyde,and capsicum oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet[J].Journal of Animal Science,2014,92(4):1531–1536.

[6] MURPHYA P,BELLO F D,O’DOHERTY J V,et al.The effects of liquid versus spray-dried *Laminaria digitata* extract on selected bacterial groups in the piglet gastrointestinal tract (GIT) microbiota[J].Anaerobe,2013,21:1–8.

[7] FASINA F O,OLAOKUN O O,OLADIPO O O,et al.Phytochemical analysis and *in-vitro* anti-African swine fever virus activity of extracts and fractions of *Ancistrocladus uncinatus*,Hutch and Dalziel (Ancistrocladaceae)[J].BMC Veterinary Research,2013,9:120.

[8] DE SANTIS FERREIA L,CALLEJOND R,ENGEMANN A,et al.*In vitro* metabolism of grandisin,alignan with anti-chagasic activity[J].Planta Medica,2012,78(18):1939–1941.

[9] WINDISCH W,SCHEDLE K,PLITZNER C,et al.Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry[J].Journal of Animal Science,2008,86(14S):E140–E148.

[10] GESSNER D K,FIESEL A,MOST E,et al.Supplementation of a grape seed and grape marc meal extract decreases activities of the oxidative stress-responsive transcription factors NF-κB and Nrf2 in the duodenal mucosa of pigs[J].Acta Veterinaria Scandinavica,2013,55:18.

[11] PLACHA I,TAKACOVA J,RYZNER M,et al.Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers[J].British Poultry Science,2014,55(1):105–114.

[12] 黄其春,黄翠琴,陈彤,等.银杏叶提取物对断奶仔猪生长性能、肠黏膜形态及屏障通透性的

影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(19):74–77.

[13] LIU G,GUAN G P,FANG J,et al.*Macleaya cordata* extract decreased diarrhea score and enhanced intestinal barrier function in growing piglets[J].BioMed Research International,2016,2016:1069585.

[14] 史东辉,李铁欣,马学会,等.止痢草提取物的抗氧化作用及其对断奶仔猪生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(7):46–49.

[15] HAO Y,LI D F,PIAO X L,et al.*Forsythia suspensa* extract alleviates hypersensitivity induced by soybean β-conglycinin in weaned piglets[J].Journal of Ethnopharmacology,2010,128(2):412–418.

[16] 韩杰,张飞,边连全.刺五加多糖对免疫应激断奶仔猪免疫器官指数、粪便微生物菌群数量和胃肠道 pH 的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2314–2319.

[17] 李枚,高鹏,徐良梅,等.五味子提取物对断奶仔猪血液生化指标和抗氧化能力的影响[J].中国饲料,2007(20):17–19.

[18] 胡金杰,曹霞,吴志锋.植物提取物在猪生产中的研究进展.饲料博览,2016(9):25-27.

[19] GONEAU L W,HANNAN T J,MACPHEE R A,et al.Subinhibitory antibiotic therapy alters recurrent urinary tract infection pathogenesis through modulation of bacterial virulence and host immunity[J].mBio,2015,6(2):e00356.

[20] WANG J P,YOO J S,KIM H J,et al.Nutrient digestibility,blood profiles and fecal microbiota are influenced by chitooligosaccharide supplementation of growing pigs[J].Livestock Science,2009,125(2/3):298–303.

[21] FU L,XU J,BAO X W,et al.Study on antioxidation effect of polyphenols from pomegranate peel *in vivo*[J].Agricultural Science & Technology,2016,17(1):164–167.

[22] BRENES A,ROURA E.Essential oils in poultry nutrition:main effects and modes of action[J].Animal Feed Science and Technology,2010,158(1/2):1–14.

[23] LILAMAND M,KELAIDITI E,GUYONNET S,et al.Flavonoids and arterial stiffness:promising perspectives[J].Nutrition,Metabolism and Cardiovascular

Diseases,2014,24(7):698–704.

[24] CHUNG Y H,MC GEOUGH E J,ACHARYA S,et al.Enteric methane emission,diet digestibility,and nitrogen excretion from beef heifers fed sainfoin or alfalfa[J].Journal of Animal Science,2013,91(10):4861–4874.

[25] OZDAL T,SELA D A,XIAO J B,et al.The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility[J].Nutrients,2016,8(2):78.

[26] 杨炳友,孟永海,宋佳欣,等.吴茱萸多糖水提工艺优化研究[J].中医药学报,2012,40(2):66-69.

[27] 张勇,李跃,朱宇旌,等.急性期蛋白及其在动物应激过程中的作用[J].动物营养学报,2011,23(11):1877–1883.

[28] 王若瑾,袁保京,金立志.天然植物提取物添加剂生物学功能与综合性功能研究综述[J].中国畜牧杂志,2015,51(8):72-78.

Effects of Composite Plant Extracts Replacing Feed Antibiotics on Growth Performance and Serum Indexes of Weaned Piglets

TAO Xin SUN Yuqing MEN Xiaoming DENG Bo LI Yongming XU Ziwei*

(*Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou* 310021, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of composite plant extracts (CPE) (from granatum, argy wormwood leaf, *Kadsura japonica* L. and *Fructus evodiae rutaecarpae*) replacing feed antibiotics on growth performance and serum indexes of weaned piglets. In experiment 1, a total of 160 weaned piglets weighted about 8 kg at about 30 days of age were selected and randomly allocated into 4 groups with 4 replicates per group and 4 piglets per replicate. Piglets in different groups were fed a basal diet supplemented with aureomycin 107 mg/kg＋flavomycin 40 mg/kg （control） and CPE at 0.05%, 0.10% and 0.20% for 28 d, respectively. In experiment 2, a total of 120 weaned piglets weighted about 11 kg at about 40 days of age were selected and randomly allocated into 3 groups. Piglets in antibiotic-free group were fed the basal diet, and those in the other two groups were fed the basal diet supplemented with aureomycin 67 mg/kg＋flavomycin 20 mg/kg (antibiotics group) and CPE at 0.10% for 35 d, respectively. The results of experiment 1 showed as follows: compared with control group, average daily gain (ADG), average daily feed intake(ADFI) and feed/gain (F/G) of CPE groups were not significantly changed (P>0.05), and 0.10% CPE group had better ADG, which was 2.44% higher than control group (P>0.05). The results of experiment 2 showed as follows: compared with antibiotic-free group, in 0.10% CPE group, ADG was significantly increased by 21.39% (P<0.05), contents of serum albumin (ALB), cholesterol (CHOL), low density

lipoprotein-cholesterol (LDL-C) and nitric oxide (NO) were significantly decreased (P<0.05), serum glutathione peroxidase (GSH-Px) activity was significantly increased (P<0.05), and serum ceruloplasmin (CER) activity was significantly decreased (P<0.05); compared with antibiotic group, in 0.10% CPE group, ADG was significantly increased by 15.07% (P<0.05), contents of serum urea nitrogen (UN), LDL-C and NO were significantly decreased (P<0.05). Collectively, CPE supplementation at 0.10% can replace feed antibiotics (aureomycin+flavomycin), improve growth performance, and has anti-stress and anti-oxidation functions in weaned piglets.

Key words: composite plant extracts; weaned piglets; antibiotics; growth performance; serum indexes